

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-51192

(P2001-51192A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 13/00  
3/08

識別記号

F I  
G 0 2 B 13/00  
3/08

テームコード (参考)  
2 H 0 8 7  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-227351  
(22) 出願日 平成11年8月11日 (1999.8.11)

(71) 出願人 000000044  
旭硝子株式会社  
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
(72) 発明者 大井 好晴  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内  
(72) 発明者 下園 裕明  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内  
(74) 代理人 100097777  
弁理士 荻澤 弘 (外7名)

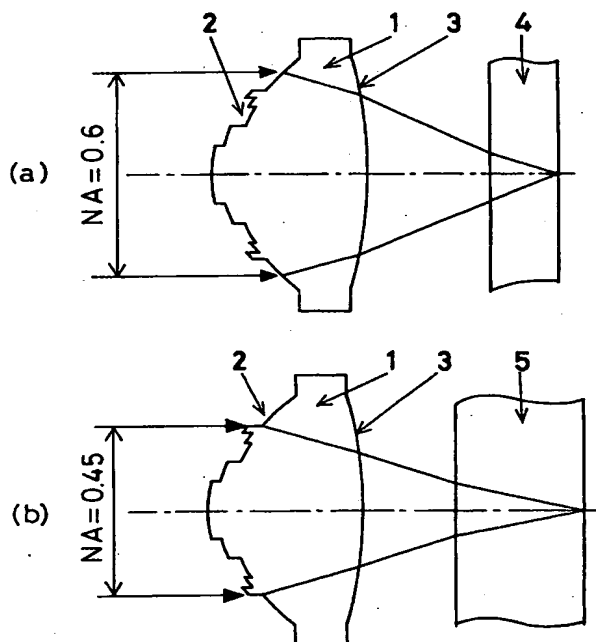
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 D V D系及び C D系の光ディスクの光記録情報を単一の対物レンズで安定して再生すると共に、小型で軽量化された出射光の波長が異なる2つの光源を有する光ヘッド装置を得る。

【解決手段】 曲面形状の異なる複数の輪帯状屈折曲面を対物レンズに形成し、R M S波面収差が D V D系及び C D系で  $0.07 \lambda$  以下になるよう輪帯の段差と曲面形状を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) のレーザ光源からの波面の位相が揃っている光束を集光光学系によりそれぞれの波長において異なる厚さ $t_1$ と $t_2$  ( $t_1 < t_2$ ) の基板越しに光記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録又は情報記録面上の情報を再生する光ヘッド装置において、集光光学系に用いられる屈折率 $n$ の対物レンズは、入射光束の開口数の異なる領域に光軸に回転対称な輪帯状の少なくとも5つの屈折曲面を有すると共に、その境界域で段差をなし、開口数 $NA_1$ の中心部の輪帯屈折曲面に対して、開口数 $NA_1$ から $NA_2$ の領域の輪帯段差を $d_{12}$ 、開口数 $NA_2$ から $NA_3$ の領域の輪帯段差を $d_{13}$ 、開口数 $NA_3$ から $NA_4$ の領域の輪帯段差を $d_{14}$ 、開口数 $NA_4$ から $NA_5$ の領域の輪帯段差を $d_{15}$ とすると、開口数 $NA_1 \sim NA_5$ と輪帯段差 $d_{12} \sim d_{15}$ は、

$$0.10 \leq NA_1 < NA_2 < NA_3 < NA_4 < NA_5 \leq 0.65$$

の関係を満たすと共に、

$$0.60 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d_{12} \leq 1.40 \times \lambda_1 / (n-1) \quad 20$$

$$1.84 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d_{13} \leq 2.16 \times \lambda_1 / (n-1)$$

$$0.88 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d_{14} \leq 1.12 \times \lambda_1 / (n-1)$$

$$-0.12 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d_{15} \leq 0.12 \times \lambda_1 / (n-1)$$

の関係を満たし、かつ、波長 $\lambda_1$ の対物レンズ入射光に対する前記の少なくとも5つの輪帯状屈折曲面々々による集光点位置が略一致するように、段差をなして隣接する輪帯状屈折曲面の面形状が相互に異なることを特徴とする対物レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ディスク等の光記録媒体用の記録装置や再生装置等に用いる光ヘッド装置用対物レンズ及びそれを用いた光ヘッド装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 CD-Rを含むCD系の光記録媒体（以後、光ディスクで代表する。）の記録再生のために、光源として波長が780nm帯の半導体レーザとNA（開口数）が0.45の対物レンズ、及び、厚さが1.2mmの光ディスクが使用される。一方、DVD系の光ディスクの記録再生には、光源として波長が640nm帯の半導体レーザとNAが0.6の対物レンズ、及び、厚さが0.6mmの光ディスクが使用される。

【0003】 したがって、一つの光ヘッド装置でCD系とDVD系両方の光ディスクの記録再生を実現させるには、CD系とDVD系用それぞれの発振波長の半導体レ

ーザを2個、及び、それぞれのNAに対応した2個の対物レンズを使用する。しかし、この方式では、光学系が2系統となるため、光ヘッド装置の体積が大きく、重量も重く、部品点数が多いため、組立工程が複雑である等の欠点があった。

【0004】 これらの欠点を解決するため、波長の異なる半導体レーザからの光を波長選択性の合成分離ミラーで合成分離し、同一の対物レンズを使用してコンパクトな光ヘッド装置を構成することが提案されているが、前述のように、CD系とDVD系の光ディスクでは対物レンズに要求されるNAが異なるため、両系の光ディスクを同一の対物レンズを使用して記録再生する場合、対物レンズのNAを波長に応じて変える必要があった。

【0005】 この波長に応じてNAを変える方法として、光軸を含む対物レンズの中心領域では2つの波長帯の光は直進透過させ、光軸を含まない対物レンズの周辺領域では大きなNAが必要な波長640nmの光は直線的に透過させ、小さなNAでもよい波長780nmの光は反射させる機能を有した波長選択性の絞りを、光ディスクと光源との間に配置することにより、CD系とDVD系での光ディスクの波長に対するNAの切替を行っている。しかし、CD系とDVD系では光ディスクの厚さが異なるので、発生する球面収差をこのような開口制御（NA制御）のみでは十分に低減させることは困難であった。

【0006】 この問題を解決する従来の手段は、例えば「光学」第28巻第2号1999年64-70項に概説され、大別して2種の方策がある。すなわち、DVD系で波面収差が最小となるように設計された対物レンズの表面に輪帯状に段差を形成し、DVD系での波面収差増大を抑制しつつCD系での波面収差を減少させる輪帯位相補正レンズ方式と、対物レンズとは別に平面形状が環状で断面形状が階段状の溝を基板に形成した素子を配置する位相制御素子方式である。

【0007】 輪帯位相補正レンズ方式は、例えば特開平11-2759号や特開平11-16190号にその実施例が記載されている。何れも、輪帯位相補正段差のない連続面对物レンズに比べて、CDのRMS（Root Mean Square）波面収差は改善されているが、DVDの波面収差は劣化する傾向にある。この原因は、従来の輪帯位相補正面は同一の曲面を光軸方位に平行移動して段差を形成しているため、輪帯毎にその焦点位置が段差分だけ変化することによる。段差をDVD系の波長に対して略整数倍とすることにより、DVD系のRMS波面収差の増大を抑制し、CD系のRMS波面収差を低減する効果は発現するが、改良の余地を残していた。

【0008】 位相制御素子方式の場合、例えば特開平10-334504号に記載されるように、DVD波長に対して位相制御素子は位相分布をほとんど変化させないため、RMS波面収差はDVD系に最適設計された対物

レンズの値を維持し、CD系のRMS波面収差を低減するように作用するため、記録再生性能が波面収差に敏感なDVD系に対して有効である。しかし、位相制御素子は対物レンズと分離した構成であるため、位相制御素子と対物レンズとの偏心が許容値以上に生じるとCDのRMS波面収差の低減作用が機能しなくなるといった問題があった。

【0009】また、光ディスク用の光ヘッド装置においては、半導体レーザからの出射光が光ディスクで反射されて戻り光となり、この戻り光をビームスプリッタを用いて光検出器である受光素子に導く必要がある。このビームスプリッタとして、異なる波長の半導体レーザ光を合成分離するための前述の合成分離ミラーに加えて、この合成分離ミラーによって分離されたそれぞれの波長の光を上記の受光素子へ導くためのハーフミラーがさらに必要となる。したがって、部品点数が多くなると共に、組立工程が複雑となり、生産性が下がる。また、このハーフミラーは通常入射光方向に対し90°方向に光を反射するように使用するために、光ヘッド装置の小型化も困難であった。

【0010】光ヘッド装置の小型化のために、このビームスプリッタとしてホログラム素子を用いることが提案されている。このホログラフィックビームスプリッタは、光の進行方向を回折によって曲げて、半導体レーザの近くに配置した受光素子に光を導くことができる。

【0011】このホログラフィックビームスプリッタを半導体レーザと対物レンズとの間の半導体レーザに近い側に配置すると、2つの異なる波長の半導体レーザの近くにそれぞれのホログラム素子が必要となり、部品点数\*

$$0.10 \leq NA1 < NA2 < NA3 < NA4 < NA5 \leq 0.65$$

... (1)

の関係を満たすと共に、

$$0.60 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d12 \leq 1.40 \times \lambda_1 / (n-1)$$

$$1.84 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d13 \leq 2.16 \times \lambda_1 / (n-1)$$

$$0.88 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d14 \leq 1.12 \times \lambda_1 / (n-1)$$

$$-0.12 \times \lambda_1 / (n-1) \leq d15 \leq 0.12 \times \lambda_1 / (n-1)$$

... (2)

の関係を満たし、かつ、波長 $\lambda_1$ の対物レンズ入射光に対する前記の5つの輪帯状屈折曲面各々による集光点位置が略一致するように、段差をなして隣接する輪帯状屈折曲面の面形状が相互に異なることを特徴とするものである。

【0014】この場合に、2つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ が、 $620\text{nm} \leq \lambda_1 \leq 680\text{nm}$ 、及び、 $750\text{nm} \leq \lambda_2 \leq 820\text{nm}$ であり、光記録媒体の基板厚さが、 $t_1 = 0.6\text{mm}$ 、及び、 $t_2 = 1.2\text{mm}$ であり、開口数NA1~NA5は、

$$0.10 \leq NA1 \leq 0.18$$

$$0.19 \leq NA2 \leq 0.27$$

$$0.36 \leq NA3 \leq 0.42$$

\*が増加する。また、特にDVD系の光ディスクの再生時には、ホログラム素子を対物レンズと一体に駆動した方がトラッキングの精度が高くなる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術が有していた前述の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、輪帯位相補正レンズ方式の対物レンズであって、異なる2つの波長で光ディスクの記録再生時に何れもRMS波面収差が改善された対物レンズ及びそれをを用いた光ヘッド装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の対物レンズは、2つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ )のレーザ光源からの波面の位相が揃っている光束を集光光学系によりそれぞれの波長において異なる厚さ $t_1$ と $t_2$  ( $t_1 < t_2$ )の基板越しに光記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面上に情報を記録又は情報記録面上の情報を再生する光ヘッド装置において、集光光学系に用いられる屈折率 $n$ の対物レンズは、入射光束の開口数の異なる領域に光軸に回転対称な輪帯状の少なくとも5つの屈折曲面を有すると共に、その境界域で段差をなし、開口数NA1の中心部の輪帯屈折曲面に対して、開口数NA1からNA2の領域の輪帯段差を $d1$ 、開口数NA2からNA3の領域の輪帯段差を $d1$ 、開口数NA3からNA4の領域の輪帯段差を $d1$ 、開口数NA4からNA5の領域の輪帯段差を $d1$ とすると、開口数NA1~NA5と輪帯段差 $d1$ ~ $d15$ は、

20

40

50

$$0.43 \leq NA4 \leq 0.45$$

$$0.45 \leq NA5 \leq 0.65 \dots (3)$$

を満たすと共に、波長 $\lambda_1$ の光束は対物レンズの開口数略0.6に相当する領域を利用し、波長 $\lambda_2$ の光束は対物レンズの開口数略0.45に相当する領域を利用することを特徴とするものである。

【0015】以上の対物レンズを用いて光ヘッド装置を構成することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の対物レンズの構成例を示す断面図である。1は対物レンズ、2は対物レンズ1に形成された輪帯状の複数の屈折曲面、3は対物レンズ1のもう片方の屈折曲面を示す。この輪帯状の複

数の屈折曲面2は、厚さ0.6mmのDVD系光ディスク4、及び、厚さ1.2mmのCD系光ディスク5に対して波面収差が最小となるように設計されている。図1(a)は、DVD系の光ディスク4にNAが0.6に相当する光束が集光される様子を示し、図1(b)は、CD系の厚さ1.2mmの光ディスク5にNAが0.45に相当する光束が集光される様子を示している。

【0017】本発明の対物レンズ1の例として、その平面図と断面図をそれぞれ図2(a)、(b)に示す。輪帯状の複数の屈折曲面2は、開口数NAの小さな順にNA1からNA6に至る6種類の輪帯屈折曲面11~16からなる。図3に、屈折曲面2の拡大断面図を示す。対物レンズ1の回転対称軸と対物レンズ1の屈折面とが交わる対物レンズ1の頂点に対して、それぞれの複数の屈折曲面12、13、14、15、16を対称軸まで延長しその対称軸と交わる対称軸上における面間隔が、d12、d13、d14、d15、d16となるような段差を有する曲面2となっている。

【0018】図3には、NA5~NA6の領域に段差d16が形成された例が示されているが、段差d16がなく、曲面15と曲面16が同一屈折曲面であっても構わない。

【0019】これらの輪帯屈折曲面11~16の面形状、段差d12~d16、及び、輪帯半径の分割域は、各輪帯に入射する光束が波長 $\lambda_1$ でNA=0.6のDVD系光ディスク、及び、波長 $\lambda_2$ でNA=0.45のCD系光ディスクに対して、RMS波面収差が1°以内の斜入射光束について、それぞれ0.07 $\lambda_1$ 以下、及

$$d_i = m \cdot \lambda_1 / (n-1) : m=1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

一方、CD波長 $\lambda_2$ においては、各輪帯屈折曲面11~16の段差形成に伴い、次の式(5)に相当した位相差※

$$2\pi \cdot (n-1) d_i / \lambda_2 = 2\pi \cdot m \cdot \lambda_1 / \lambda_2 \quad (5)$$

このような性質を利用して、図9に示された波長 $\lambda_2$ の波面収差を低減するように、段差の輪帯屈折曲面11~16の開口数領域と段差の深さd<sub>i</sub>、すなわち、式

(4)の整数値mを定めればよい。なお、図9に示された波長 $\lambda_2$ の波面収差は、上記のように、光ディスク4から光ディスク5へ切り換えた際の光ディスクの厚さの相違に起因した波面収差である。

【0026】具体的には、前記の式(1)の関係を満たす対物レンズ1の開口数領域に、式(2)で記述される深さの段差d12~d15を形成すればよい。さらに、各輪帯屈折曲面11~15の開口数領域は、式(3)で記述される領域範囲であることが好ましい。

【0027】一方、このような輪帯状の段差d12~d16の形成により、各輪帯域の光軸上の焦点位置が段差の深さd<sub>i</sub>に相当する量でシフトするため、対物レンズ1の焦点面位置においては波面収差が劣化する。この各輪帯屈折面11~16の光軸上の焦点位置シフトをなくし、略同一集光点となるように、各輪帯屈折面の曲面形

\*び、0.07 $\lambda_2$ 以下となるように設計する。

【0020】図1及び図2では、光ディスク4、5と反対側の対物レンズ屈折曲面2に複数の輪帯状の屈折曲面11~16を形成した例が示されているが、光ディスク4、5側の対物レンズ屈折曲面3に形成されていても構わない。輪帯境界域の段差による陰を低減するためには、略平行光束が入射する光ディスク4、5と反対側の対物レンズ屈折曲面2に形成することが好ましい。

【0021】本発明の対物レンズ1に形成された輪帯屈折曲面11~16の段差d12~d16、輪帯半径の分割域及び面形状について以下に記す。

【0022】厚さ0.6mmのDVD系光ディスク4に対して、RMS波面収差が0.02 $\lambda_1$ 以下となるように設計された段差のない単一曲面2Aと単一曲面3(表2)を有する対物レンズ1を、厚さ1.2mmのCD系光ディスク5に用いると、図9に示すような光ディスクの厚さの相違に起因した球面収差が発生する。この図は、位相差の断面を表しており、実際には3次元的で周辺部の盛り上がったドーナツ状で、かつ、環状である。

【0023】対物レンズ1に形成された輪帯段差d12~d16により生じる位相ずれが、DVD系の波長 $\lambda_1$ の略整数倍に等しい場合、波長 $\lambda_1$ に対しては、これらの段差形成に伴う輪帯屈折曲面11~16通過後の波面収差の変化はない。このような段差の深さd<sub>i</sub>(i=12~16)は、対物レンズ1の屈折率をnとすると、次の式(4)で記述される。

【0024】

$$d_i = m \cdot \lambda_1 / (n-1) : m=1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

※が発生する。

【0025】

$$2\pi \cdot (n-1) d_i / \lambda_2 = 2\pi \cdot m \cdot \lambda_1 / \lambda_2 \quad (5)$$

状を設計することにより、波長 $\lambda_1$ での波面収差劣化を低減することができる。具体的な設計例は後述の実施例に示す。

【0028】ここで、略同一集光点の意味は、入射角0°で入射する波長 $\lambda_1$ の入射光に対する対物レンズ1の波面収差が0.07 $\lambda_1$ 以下になることである。

【0029】屈折曲面2及び屈折曲面3の形状が最適化され仕様の定まった本発明の対物レンズ1は、例えば、ガラスあるいは樹脂の母材を設計値に対応した面形状を有する金型を用いて精密成形することにより作製される。

【0030】また、DVD系とCD系の光ディスクでは要求されるNAが異なり、CD系の光ディスク再生時にはNAがDVD系のそれより小さく、対物レンズの周辺部を使用しないように制限することが好ましい。そのため、CD系の光ディスク再生時には、対物レンズ1の周辺部透過光の位相がずれるように光学設計し、光ディスク面上に集光しないように収差を発生させることによ

り、実質的に開口制御できる。この場合は、波長選択性の開口制御フィルタを省くことができ、使用部品の点数が減らせて好ましい。

【0031】具体的には、図2に示した対物レンズの輪帯状屈折曲面2において、DVD系で用いられCD系では用いられないNAが0.45～0.6の領域に対応した開口数NA5～NA6の輪帯曲面16にも段差d16を形成し、DVD系波長 $\lambda_1 = 640\text{ nm}$ の光束に対しては波面収差を劣化させないが、CD系波長 $\lambda_2 = 780\text{ nm}$ の光束に対しては光学系のNAが0.45以下の波面収差に対してNAが0.45～0.6の波面収差の差異が大きくなるように段差d16及び曲面を規定すれば、有効な波長選択性の開口制御フィルタとして作用する。

【0032】さらに、この対物レンズ1とビームスプリッタ用ホログラム61を形成したホログラム用の基板6とを単一のホルダー7を用いて一体化した複合体8の構成例の断面図を図4に示す。ここで、ビームスプリッタ用ホログラム61は、光ディスクに向かう往路と光ディスクから光検出器に向かう復路の光路を分離するための

対物レンズ仕様

方式	DVD	CD
開口数NA	0.6	0.45
波長	640 nm	780 nm
焦点距離	2.47 mm	2.50 mm
有効光束径	3.0 mm	2.26 mm
倍率	0	0
物像間距離	$\infty$	$\infty$
レンズ厚さ	1.5 mm	1.5 mm
屈折率	1.5861	1.5786
光ディスク厚さ	0.6 mm	1.2 mm
光ディスク屈折率	1.5810	1.5735

最初に、輪帯のない従来の単一屈折曲面を有する構成の対物レンズについて、波長 $\lambda_1 = 640\text{ nm}$ 、NA=0.6のDVD系の光ディスクに対して波面収差が最小となるように設計した。その対物レンズの断面図を図8※

屈折曲面の仕様（従来例）

	屈折曲面2A	屈折曲面3
R (mm)	0.7763656	-2.914905
k	-0.9398477	-10.19662
A <sub>2</sub> (mm <sup>-1</sup> )	-0.33851006	0.11123697
A <sub>4</sub> (mm <sup>-3</sup> )	0.00034766795	-0.012430381
A <sub>6</sub> (mm <sup>-5</sup> )	0.000060390976	0.0015256368

ここで、面形状Z(r)は回転対称で、半径座標rに対して次式(a)で記述される。cは曲率半径Rの逆数、kは円錐定数、A<sub>2</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>6</sub>はそれぞれ2次、4

$$Z(r) = cr^2 / [1 + \{1 - (1+k)c^2 r^2\}^{1/2}] + A_2 r^2 + A_4 r^4 + A_6 r^6$$

\*基板6とをホルダー7を用いて一体化することで、部品点数を減らすと共に、小型化や軽量化につながり、さらには光ヘッド装置の組立が容易になる。

【0033】このビームスプリッタ用ホログラム61にさらに $\lambda/4$ 板等の波長板を一体化することにより、光ディスクへ向かう光及び光ディスクからの反射戻り光の偏光特性を制御できて、さらに好ましい。

【0034】また、開口制御用にDVD系の波長光束を透過し、CD系の波長光束を反射又は回折するダイクロイックフィルタを、このホログラム用の基板6のNAが0.45～0.6の輪帯領域に一体化して形成してもよい。

【0035】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の対物レンズ及びそれをそれを用いた光ヘッド装置の実施例について説明する。ここで使用した2つの半導体レーザの発振波長は、 $\lambda_1 = 640\text{ nm}$ と $\lambda_2 = 780\text{ nm}$ である。光線追跡に用いた対物レンズのDVD系及びCD系の光ディスクに対する仕様を表1に示す。

【0036】

【表1】

※に、その屈折曲面2Aと3の面形状を表2に示す。

【0037】

【表2】

次、6次の非球面係数である。

【0038】

・・・(a)

本例では、非球面係数を6次までとしたが、さらに高次項を用いてもよい。

【0039】この対物レンズをDVD系光ディスク及びCD系光ディスクに適用したときのRMS波面収差の計算結果を、入射角 $0^\circ \sim 1^\circ$ の平行光の場合について表＊  
RMS波面収差 (従来例)

入射角 (°)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
DVD系 ( $\lambda_1$ )	0.002	0.003	0.006	0.012	0.021	0.033
CD系 ( $\lambda_2$ )	0.145	0.145	0.146	0.146	0.146	0.147

NA=0.6のDVD系の光ディスクではRMS波面収差が $0.033\lambda_2$ 以下だが、NA=0.45のCD系の光ディスクでは図9に示すような大きな球面収差が発生し、マレシャルの基準値 $0.07\lambda_2$ を大幅に超過するため、このままでは記録情報の再生ができない。

【0041】次に、この面形状を初期値として、図3に示したような6輪帯の段差を設定し、DVD系のRMS波面収差を劣化させないでCD系のRMS波面収差を低減するように、各輪帯の最小NAと最大NA、段差の深さ

＊3に従来例としてまとめた。DVD系ではNA=0.6の光束について、CD系ではNA=0.45の光束についての計算結果である。

【0040】

【表3】

※さ $d_i$  ( $i=12\sim 16$ )、屈折曲面形状を光線追跡により設計した。屈折曲面2の非球面定数は2次の非球面係数 $A_2$ のみを用い、正弦条件を考慮して軸外 $1^\circ$ までの斜入射光束に対してもRMS波面収差の劣化が少ない設計条件とした。

【0042】この場合は輪帯番号 $i$  ( $i=12\sim 16$ )

20 の面形状 $Z_i(r)$ は次式(b)で記述される。

【0043】

$$Z_i(r) = d_i + c r^2 / [1 + \{1 - (1+k) c^2 r^2\}^{1/2}] + A_2 r^2 \dots (b)$$

実施例1として、本発明の対物レンズにおける屈折曲面2の輪帯面形状の仕様を表4にまとめた。屈折曲面3の仕様は表2と同じである。また、数値は小数点5桁まで★  
屈折曲面2の仕様 (実施例1)

★の記載とした。

【0044】

【表4】

輪帯 i	11	12	13	14	15	16
最小NA	0.0	0.148	0.231	0.400	0.435	0.457
最大NA	0.148	0.231	0.400	0.435	0.457	0.606
$d_i(\mu m)$	0(基準)	1.10192	2.20119	1.00305	0	2.17103
R(mm)	0.77640	0.77237	0.76883	0.79105	0.77590	0.78083
k	-0.94093	-0.93909	-0.94007	-0.93516	-0.93857	-0.93740
$A_2(mm^{-1})$	-0.33844	-0.34187	-0.34478	-0.32640	-0.33897	-0.33472

【0045】本実施例の対物レンズをDVD系光ディスク及びCD系光ディスクに適用したときのRMS波面収差の計算結果を表5にまとめた。

【0046】

【表5】

## RMS波面収差（実施例1）

入射角 (°)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
DVD系 ( $\lambda_1$ )	0.001	0.002	0.006	0.012	0.021	0.033
CD系 ( $\lambda_2$ )	0.047	0.047	0.048	0.050	0.053	0.056

DVD系及びCD系でマレシャルの基準値0.07 $\lambda$ を十分満たす低いRMS波面収差が得られた。

【0047】また、このときのCD系の波面収差を図5に示す。図9の従来例に対して輪帯状に位相補正されることでRMS波面収差が減少している。

【0048】比較例として、表2に示した面形状の対物レンズにおいて、屈折曲面2として実施例1と同じ最小\*  
屈折曲面2の仕様（比較例）

\*・最大NAの輪帯域にDVD系の波長 $\lambda_1 = 640\text{nm}$ に対して波長の整数倍の位相差に相当する段差の深さ $d_i$  ( $i = 12 \sim 16$ )を形成し、CD系のRMS波面収差を低減する手法を用いて計算した。その屈折曲面2の仕様を表6に示す。

【0049】

【表6】

輪帯 i	11	12	13	14	15	16
最小NA	0.0	0.148	0.231	0.400	0.435	0.457
最大NA	0.148	0.231	0.400	0.435	0.457	0.606
$d_i(\mu\text{m})$	0(基準)	1.09199	2.183982	1.09199	0	0
R(mm)	0.7763656					
k	-0.9398477					
$A_2(\text{mm}^{-2})$	-0.33851006					
$A_4(\text{mm}^{-4})$	0.00034766795					
$A_6(\text{mm}^{-6})$	0.000060390976					

【0050】本比較例の対物レンズをDVD系光ディスク及びCD系光ディスクに適用したときのRMS波面収差の計算結果を表7にまとめた。

## RMS波面収差（比較例）

入射角 (°)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
DVD系 ( $\lambda_1$ )	0.028	0.028	0.029	0.031	0.036	0.045
CD系 ( $\lambda_2$ )	0.049	0.050	0.051	0.052	0.054	0.057

CD系のRMS波面収差が低減し、DVD系及びCD系でマレシャルの基準値0.07 $\lambda$ を満たすが、従来例のDVD系のRMS波面収差が劣化し、実施例1に比べ高い数値となっている。

【0052】実施例1ではDVD系のRMS波面収差を劣化させないでCD系のRMS波面収差を低減するように各輪帯の最小・最大NA、段差の深さ $d_i$  ( $i = 12 \sim 16$ )、屈折曲面形状を設計したが、DVD系のRMS波面収差を許容範囲内で劣化させ、その分CD系のR

MS波面収差をさらに低減するような設計も可能である。その例として、以下に実施例2として設計結果を記す。

【0053】実施例2における屈折曲面2の輪帯面形状の仕様を表8に、屈折曲面3の仕様を表9に示す。数値は小数点5桁までの記載とした。

【0054】

【表8】

輪帯 i	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6
最小NA	0.0	0.154	0.230	0.400	0.436	0.456
最大NA	0.154	0.230	0.400	0.436	0.456	0.605
d1(μm)	0(基準)	0.71872	2.28135	1.02145	0	2.16261
R(mm)	0.77691	0.77025	0.76906	0.79141	0.77682	0.78052
k	-0.94258	-0.96560	-0.93934	-0.93297	-0.93324	-0.93738
A <sub>2</sub> (mm <sup>-1</sup> )	-0.33822	-0.34023	-0.34485	-0.32678	-0.34012	-0.33499

【0055】

【表9】屈折曲面3の仕様(実施例2)

R(mm)	-2.930297
k	-10.171
A <sub>2</sub> (mm <sup>-1</sup> )	0.1108536
A <sub>4</sub> (mm <sup>-3</sup> )	-0.01209609

RMS波面収差(実施例2)

\* A<sub>6</sub>(mm<sup>-5</sup>)

0.001447053

本実施例の対物レンズをDVD系光ディスク及びCD系光ディスクに適用したときのRMS波面収差の計算結果を表10にまとめた。

【0056】

【表10】

入射角(°)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
DVD系(λ <sub>1</sub> )	0.019	0.019	0.020	0.022	0.028	0.038
CD系(λ <sub>2</sub> )	0.037	0.038	0.039	0.042	0.046	0.050

DVD系及びCD系でマレシャルの基準値0.07λを十分満たす低いRMS波面収差が得られ、実施例1に比べCD系のRMS波面収差が低減された。

【0057】また、CD系において、NAが0.6までの波面収差を図6に示す。実線は本実施例の輪帯番号16の段差Z16がある場合を、点線は段差のない場合を示す。したがって、NAが0.45以上の領域では、CD系の波面収差は元々大きな値であるが、上記段差を形成することによりさらに増大する。このような光束は信号読み出しに寄与しないため、実効的に開口制御として働く。

【0058】以上において、波長λ<sub>1</sub>における対物レンズの屈折率をn<sub>1</sub>とすると、実施例1及び実施例2の何れにおいても、波長λ<sub>1</sub>に対して輪帯12及び14の領域では略1波長分の光路差に相当する段差λ<sub>1</sub>/(n<sub>1</sub>-1)が形成され、輪帯13の領域では略2波長分の光路差に相当する段差2×λ<sub>1</sub>/(n<sub>1</sub>-1)が形成され※

$$\{\lambda_1 / (n_1 - 1)\} \times \{(n_2 - 1) / \lambda_2\}$$

$$= (\lambda_1 / \lambda_2) \times (n_2 - 1) / (n_1 - 1) \quad \dots (6)$$

具体的には、λ<sub>1</sub>=640nm、λ<sub>2</sub>=780nm、n<sub>1</sub>≒n<sub>2</sub>とくと、(λ<sub>1</sub>/λ<sub>2</sub>)×(n<sub>2</sub>-1)/(n<sub>1</sub>-1)=0.82となる。すなわち、輪帯段差のない場合の波面収差である図9に示した球面収差に対して、輪帯12及び14の領域では、(1-0.82)=0.18λ<sub>2</sub>分波面収差を差し引く補正として作用し、

※ている。このような輪帯状の段差を形成することにより、各輪帯域の光軸上の焦点位置がシフトするが、各輪帯面の曲面形状を変えることにより、各輪帯域の光軸上の焦点位置を同一となるようにしてRMS波面収差の劣化をなくしている。したがって、DVD波長λ<sub>1</sub>における輪帯段差形成に伴うRMS波面収差の劣化は抑制される。

【0059】輪帯面の面形状が異なる場合、図3において規定される輪帯の段差d<sub>i</sub>(i=12~16)はλ<sub>1</sub>/(n<sub>1</sub>-1)の整数倍から若干ずれた(2)式で示される範囲で、光路差が波長λ<sub>1</sub>の整数倍となる。

【0060】一方、CD波長λ<sub>2</sub>においては、波長λ<sub>2</sub>における対物レンズの屈折率をn<sub>2</sub>とすると、上記輪帯状の段差を形成することにより、輪帯12及び14の領域では、以下の式(6)の1倍、輪帯13の領域では2倍の、波長λ<sub>2</sub>を単位とした光路差が発生する。

【0061】

輪帯13の領域では、2×(1-0.82)=0.36λ<sub>2</sub>分波面収差を差し引く補正として作用するため、図5に示されるような波面収差に改善される。

【0062】このとき、各輪帯半径を規定する開口数NA1~NA3は、下記の範囲にあることが、CD波長λ<sub>2</sub>での波面収差を低減する上で好ましい。



## 【0063】

0.13 ≤ NA1 ≤ 0.17

0.20 ≤ NA2 ≤ 0.26

0.37 ≤ NA3 ≤ 0.42

0.43 ≤ NA4 ≤ 0.44・・・(7)

次に、本発明の対物レンズ1とビームスプリッタ用ホログラム6が形成された基板とをホルダー7に一体化し、光ヘッド装置に組み込んだ構成例を図7に示す。

【0064】このホログラム6としては、複屈折性を有する高分子液晶の薄膜に格子状の凹凸部を設け、この高分子液晶の常光屈折率と略等しい屈折率を有する光学的等方性材料で、高分子液晶の薄膜の凹凸部を充填した偏光ホログラムを用いた。この偏光ホログラムは、入射する光の偏光方向により回折効率が異なるもので、半導体レーザから光ディスクに向かう往路では高透過率の偏光方向を利用し、また、復路ではλ/4板62を往復することにより偏光方向を90°回転させ高回折効率の偏光方向を利用し、光検出器に光を導くことができる。ここで用いたλ/4板62は、2つの波長λ1 = 640nmとλ2 = 780nmの平均の波長に対する1/4の位相差波長板とした。

【0065】図7の光ヘッド装置において、光源は、DVD系光ディスク用の波長640nmの半導体レーザ71Aと、CD系光ディスク用の波長780nmの半導体レーザ71Bであり、光源出射光はそれぞれのコリメートレンズ73A、73Bを透過し、波長選択性プリズムミラー74により光軸を一致させ、本発明の対物レンズ1と偏光ホログラム素子6とがホルダー7に一体化された複合素子8を透過する。また、この複合素子8には、λ/4板62が偏光ホログラム素子6に接合されている。この透過光は、対物レンズ1により光ディスク45の光情報記録媒体面に集光する。

【0066】この光ディスク45のビット情報を有した反射光は再び複合素子8を透過し、偏光ホログラム6により光軸がわずかに曲げられ、各光検出器72A、72Bに到達する。λ/4板62の役割は上記した通りである。

【0067】図中には示されていないが、対物レンズ1により光ディスク45の光情報記録媒体面のトラック上に記録されたビットに常時入射光を集光するために、複合素子8を光軸方位と光ディスク半径方位に移動可能な2次元アクチュエータに組み付けて、フォーカシング及びトラッキング調整が行われる。

【0068】ここで、DVD系の光ディスク用の半導体レーザを71B、CD系の光ディスク用の半導体レーザを71Aとしてもよい。この場合、波長選択性プリズムミラー74の反射特性は上記の場合と異なり、波長640nmの光を反射することとなる。

【0069】以上、本発明の対物レンズ及びそれを用いた光ヘッド装置を実施例に基づいて説明してきたが、本

発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

## 【0070】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、DVD系及びCD系の光ディスクの記録再生時に、本発明の対物レンズ及びそれを用いた光ヘッド装置を用いることにより、RMS波面収差を安定してマレシャルの基準値以下の小さな値に維持することが可能となる。これによって、光ディスクからの反射光である情報光のノイズが低減され、安定した記録再生が可能となる。

【0071】また、本発明の対物レンズとビームスプリッタ用ホログラムが形成された基板とをホルダーに一体化することにより、光ヘッド装置の構成部品点数を減らすことができ、小型化が実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の対物レンズをDVD系光ディスクに用いた場合とCD系光ディスクに用いた場合の断面図である。

【図2】本発明の対物レンズの一例の平面図と断面図である。

【図3】本発明の対物レンズに形成された輪帯状の複数の曲面を示す断面図である。

【図4】本発明の対物レンズとビームスプリッタ用ホログラムとがホルダーに一体化された一例を示す断面図である。

【図5】本発明の実施例1の対物レンズをCD系光ディスクに用いた場合のNAが0.45までの波面収差図である。

【図6】本発明の実施例2の対物レンズをCD系光ディスクに用いた場合のNAが0.6までの波面収差図である。

【図7】本発明の対物レンズを用いた光ヘッド装置の構成例を示す概念図である。

【図8】従来の対物レンズの一例を示す断面図である。

【図9】従来の対物レンズをCD系光ディスクに用いた場合に発生する波面収差図である。

## 【符号の説明】

1…対物レンズ

2…対物レンズの輪帯状屈折曲面

2A…対物レンズの屈折曲面（従来）

3…対物レンズの屈折曲面

4…DVD用光ディスク

5…CD用光ディスク

6…ビームスプリッタ用ホログラムが形成された基板

7…ホルダー

8…複合素子

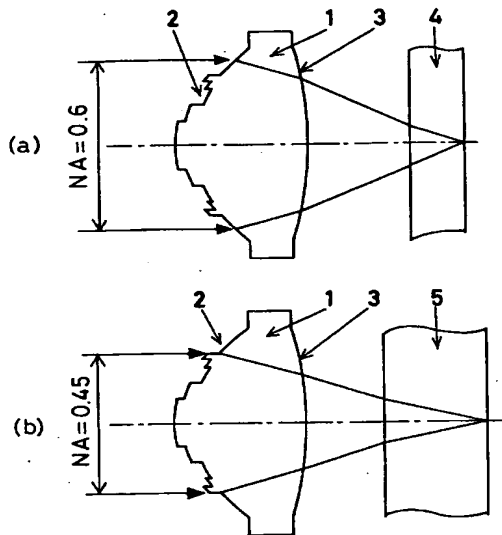
11…対物レンズの開口数NA1以内の領域に形成された輪帯曲面

12…対物レンズの開口数NA1以上NA2以下の領域に形成された輪帯曲面

17

- 13…対物レンズの開口数NA2以上NA3以下の領域に形成された輪帯曲面  
 14…対物レンズの開口数NA3以上NA4以下の領域に形成された輪帯曲面  
 15…対物レンズの開口数NA4以上NA5以下の領域に形成された輪帯曲面  
 16…対物レンズの開口数NA5以上NA6以下の領域に形成された輪帯曲面

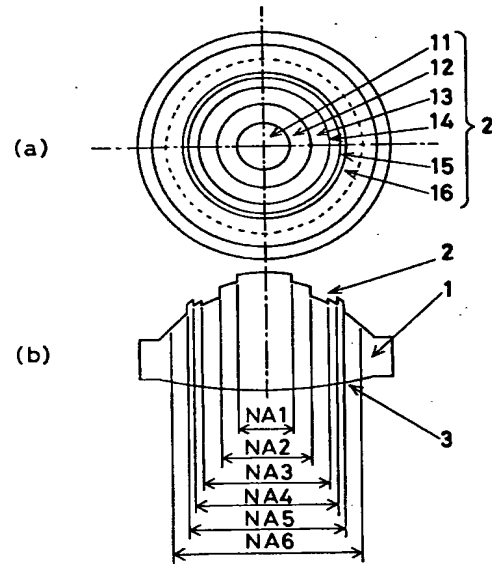
【図1】



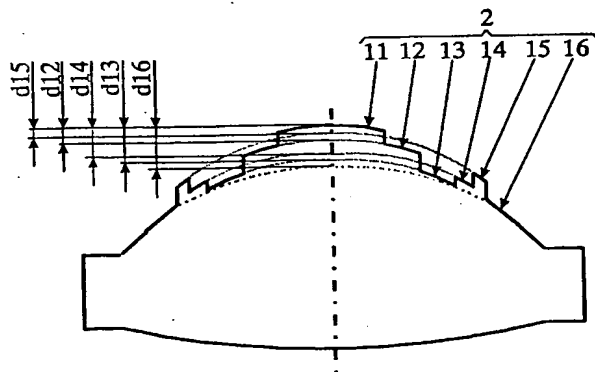
18

- 45…光ディスク  
 61…ビームスプリッタ用ホログラム  
 62… $\lambda/4$ 板  
 71A、71B…半導体レーザー  
 72A、72B…光検出器  
 73A、73B…コリメートレンズ  
 74…波長選択性ビームスプリッタ

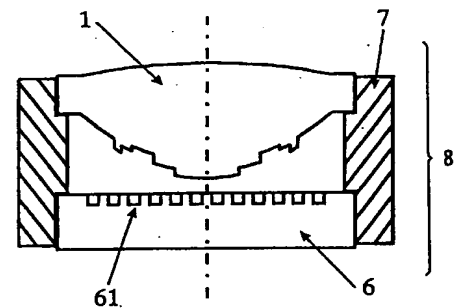
【図2】



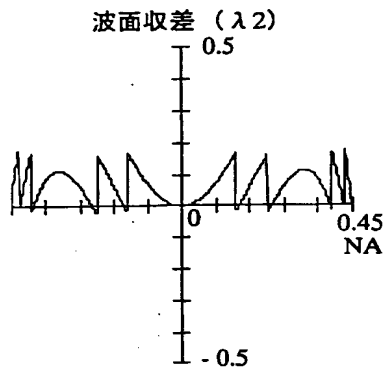
【図3】



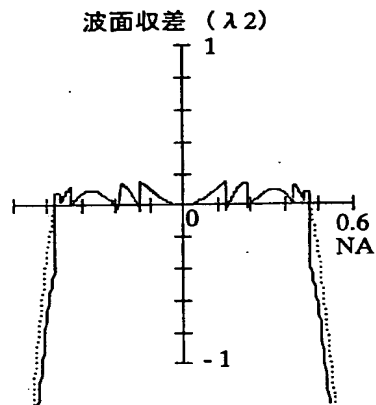
【図4】



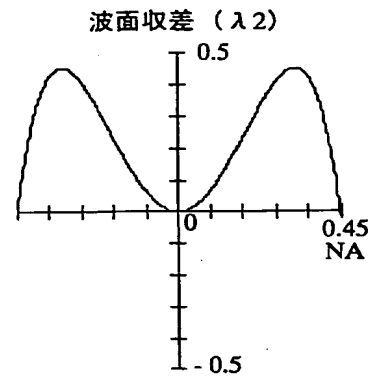
【図5】



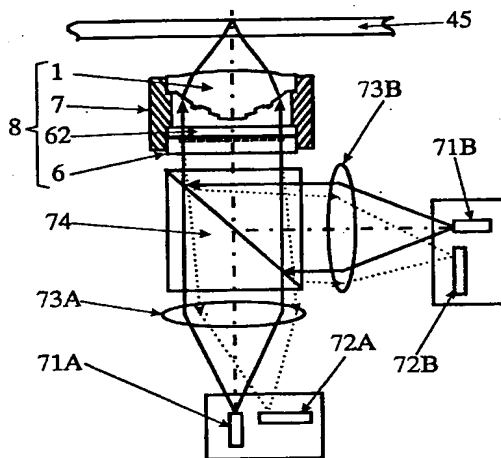
【図6】



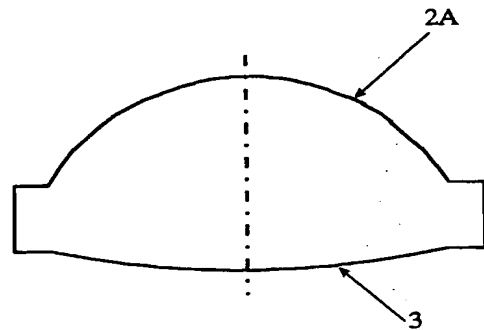
【図9】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 浩一  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA03 PA01 PA17  
PB01 QA02 QA07 QA14 QA34  
RA05 RA12 RA13 RA42 RA46